

POTASSIUM, CALCIUM ET MAGNÉSIUM DANS LA NUTRITION DE L'ANANAS EN GUINÉE

II

INFLUENCE SUR LE RENDEMENT COMMERCIALISABLE

par **P. MARTIN-PRÉVEL**

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (I. F. A. C.)

Dans un premier article (1), nous avons exposé le plan et le déroulement de l'essai mis en place en Guinée en 1956 pour l'étude des effets du potassium, du calcium et du magnésium sur l'ananas. Les conclusions pratiques de cette étude sont celles qui intéressent le plus directement le producteur et l'utilisateur des fruits, et c'est par elles que nous poursuivrons tout d'abord notre compte rendu. Le planteur d'ananas trouvera ici les résultats concernant l'importance et l'aspect de la récolte sur pied. L'article suivant présentera au conserveur et au consommateur les observations touchant la qualité du fruit lui-même.

I. LES COMPOSANTES DU RENDEMENT AGRONOMIQUE

Le tonnage d'ananas récolté sur un hectare de plantation au cours d'une période donnée est la somme des poids individuels des fruits produits par les plants ayant consenti à fleurir à temps pour atteindre la maturité commerciale pendant la période envisagée. C'est pourquoi, dans les travaux de recherches sur cette plante, on ne peut en général se contenter d'étudier les rendements à l'hectare ; le déclenchement de la floraison et le grossissement des fruits obéissent nécessairement à des lois différentes, dont il importe de discerner la part d'influence dans l'obtention du rendement final.

a) Pourcentage de fruits prématurés.

Les fruits portés par des plants ayant déclenché leur floraison sans attendre le traitement hormonal ne sont pas nécessairement perdus pour la commercialisation, mais ils arrivent le plus souvent en dehors de la période des bons cours de vente, et dans tous les

cas leur dispersion dans le temps et dans l'espace grève lourdement les frais de récolte.

Sur l'ensemble de l'essai H 56, le pourcentage de ces fruits prématurés n'excéda pas 0,6 % ; il fut nul dans de nombreuses parcelles et atteignit seulement 2,6 % dans la plus défavorisée de toutes ; dans le bloc D, planté avec des rejets plus gros, la moyenne était de 1 %. La faiblesse de cette floraison spontanée eut probablement pour cause la forte sécheresse du début de 1957, sans laquelle nous aurions peut-être observé des différences entre les traitements.

b) Pourcentages de floraison provoquée.

I. SUIVANT LES BLOCS. — L'efficacité du traitement acétylène d'août-septembre 1957 fut très partielle : dans l'ensemble de l'essai, 39 % seulement des plants traités fleurirent ; les floraisons dans les parcelles prises une par une varièrent de 19 à 70 %.

Les blocs A et B, traités le 20 septembre, obtinrent une meilleure moyenne (49 et 45 % respectivement) que le bloc C, traité deux semaines plus tôt (27 %) ; le bloc D, traité dix jours avant le bloc C mais planté initialement avec des rejets plus gros, accusa 36 % de floraison provoquée. Entre les blocs B, C et D ces différences sont hautement significatives.

(1) P. MARTIN-PRÉVEL : Potassium, calcium et magnésium dans la nutrition de l'ananas en Guinée. I, Plan de déroulement de l'étude. *Fruits*, vol. 16, n° 2, p. 49-56, 1961.

Rendu nécessaire par ce faible succès, le *second traitement de floraison* donna des résultats satisfaisants : 94 % dans le bloc D, significativement supérieur au bloc C traité deux semaines plus tard ; différences hautement significatives entre les 90 % de ce dernier et les 85 % du bloc A, puis les 79 % du bloc B, traités tous deux un mois après le bloc C. Dans les parcelles individuelles, les pourcentages oscillèrent entre 66 et 98 %, avec une moyenne générale de 87 % pour l'ensemble de l'essai.

L'infériorité du bloc B par rapport au bloc A dénote sans aucun doute une différence de *fertilité* ; les autres différences entre blocs relèvent, en plus de celle éventuelle du terrain, d'influences telles que le *poids des rejets* à la plantation, l'âge des plants et le *climat saisonnier*. La meilleure efficacité du premier traitement de floraison dans les blocs A et B s'expliquerait par des conditions de végétation plus favorables à la différenciation des inflorescences en fin septembre qu'en fin août, début septembre. Ces conditions se seraient encore améliorées en octobre-novembre, au moment du deuxième traitement acétylène dans les blocs C et D. On pourrait croire qu'elles ont rétrogradé ensuite, en décembre ; mais à la vérité les pourcentages moins élevés obtenus alors dans les blocs A et B nous semblent plutôt un contrecoup de leur floraison plus abondante en septembre.

TABLEAU III
Pourcentage final de plants non fleuris

Traitement Blocs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Moyenne
A	1,6	4,1	2,9	5,1	6,0	6,3	3,9	2,4	4,5	3,7	5,8	12,6	6,7	6,5	2,5	17,6	6,0
B	7,8	6,7	8,2	6,6	9,3	1,0	10,0	7,3	13,9	3,9	4,9	4,0	6,3	9,1	13,2	12,9	8,0
C	4,5	9,8	9,1	8,0	6,8	10,0	4,8	5,8	6,3	3,5	6,7	7,5	7,3	3,4	4,9	12,5	6,9
D	3,2	2,5	2,7	1,7	2,9	5,8	2,7	3,5	3,6	4,5	6,1	2,3	2,4	3,9	6,3	3,7	
Moyenne	4,3	5,8	5,7	5,3	6,2	6,3	6,1	4,7	7,1	3,7	5,5	7,6	6,1	5,3	6,1	12,9	6,2

$\sigma = 2,076$ Coefficient de variation = 46,5 %
Différences entre blocs = hautement significatives, P.P.D.S. (5 %) = 2,04
Différences entre traitements = significatives, P.P.D.S. (5 %) = 4,08

En effet, la proportion de plants réfractaires à la floraison devait être plus élevée parmi les pieds non fleuris des parcelles ayant bien répondu au premier traitement de floraison, que parmi ceux des parcelles lui ayant mal répondu. De fait, si l'on déduit, du nombre total des plants de chaque parcelle, la somme des prématurés, des plants fleuris à la suite des deux traitements de floraison et des plants fleuris spontanément pendant l'intervalle séparant ces deux traitements, on peut constater sur le tableau III (1) que le

(1) La numérotation des tableaux et des figures ne repart pas de 1 à chaque nouvel article de cette étude : elle se poursuit d'un chapitre au suivant, de manière à faciliter les renvois éventuels.

pourcentage final de non-fleuris ne différa pas significativement entre les blocs A, B et C. Seul le bloc D différa des trois autres, favorisé sans aucun doute par le poids plus élevé des rejets plantés ; la différence entre les blocs A et B est cependant peu éloignée du seuil de signification, tendant à confirmer la différence de fertilité du terrain entre ces deux blocs.

2. SUIVANT LES TRAITEMENTS K-Mg-Ca. — Le pourcentage de succès du *premier traitement de floraison* différa d'une manière significative suivant les formules d'engrais ; toutefois les variations individuelles d'une parcelle à une autre, sans doute imputables aux effets de la sécheresse, empêchèrent ces différences d'être très cohérentes (coefficient de variation proche de 20 %). Les moyennes ont été portées sur la figure 4, inscrites dans les petits cercles lorsqu'il s'agit des traitements 1 à 12. Dans le triangle représentatif des proportions, il est tout juste possible de discerner une zone défavorable vers le sommet K et une zone favorable vers le sommet Mg ; les traitements 3 et 8 sont d'ailleurs ceux qui avaient présenté les moins faibles pourcentages de floraison prématurée. Sous le rapport de la capacité de réponse à un traitement de floraison, la résistance à la sécheresse se montre donc augmentée lorsqu'on passe de la prédominance potassique à la prédominance magnésienne, le calcium n'exerçant aucun effet décelable. Cependant aucun de ces douze traitements ne fut significativement meilleur ou plus mauvais que le témoin. L'effet de la dose croissante de K + Mg + Ca fut dépressif : le contraire serait surprenant puisque dans ces traitements 12 à 16 le rapport K/Mg était proche de 3.

La figure 5 démontre que l'effet des trois éléments étudiés changea radicalement lors du *deuxième traitement de floraison*. Plus significatifs que lors du premier traitement (coefficient de variation = 6 %), les chiffres indiquent un effet favorable de toutes les doses et combinaisons étudiées par rapport au témoin ; si le calcium se montrait toujours neutre, le potassium était nettement favorable, et le magnésium presque autant que lui, l'optimum semblant se situer vers 60 % de K, 40 % de Mg, 0 % de Ca.

Il ne faudrait toutefois pas conclure simplement à un effet du potassium s'inversant suivant l'époque de l'année. Revenons au tableau III : le pourcentage final de non-fleuris ne différa significativement qu'entre le témoin et l'ensemble des traitements 1 à 15. Selon toute vraisemblance, la capacité de floraison globale des ananas était améliorée par toute dose de cations atteignant 0,25 équivalent-gramme par plant, mais

l'augmentation de la dose totale au-dessus de ce seuil ou une modification quelconque dans les proportions de K, Ca et Mg n'intervint que dans la possibilité de réponse au traitement de floraison le plus précoce.

c) Pourcentage de fasciations.

Les fruits fasciés ou portant plus de deux couronnes n'ont pas été récoltés avec les fruits normalement constitués ; il convient donc de placer ici leur étude, avant et non après celle du rendement brut.

Le nombre de ces fruits varia, suivant les parcelles, entre 0 et 6 % du nombre des fruits issus du premier traitement de floraison (moyenne générale 1,3 %), et entre 0 et 9 % du nombre des fruits issus du deuxième traitement de floraison (moyenne générale 2,1 %). Mais ces variations étaient anarchiques, sans lien aucun avec les blocs ou les traitements. Dans cet essai, nous nous sommes cependant servi des pourcentages de fasciation pour la recherche des parcelles aberrantes ; l'abondance des fasciations peut dénoter une fertilité plus élevée, mais elle diminue le rendement commercialisable et peut modifier le poids moyen des fruits en effectuant particulièrement ceux d'une certaine catégorie.

d) Poids moyen des fruits récoltés.

I. REMARQUE PRÉLIMINAIRE. — Le poids moyen, dans chaque parcelle, n'a pu être établi que sur l'ensemble des fruits récoltés de février à juillet 1958, les fruits issus des deux traitements acétylène et de la floraison spontanée intercalaire n'étant pas discernables les uns des autres. Cette distinction a pu seulement être établie pour les fruits destinés au laboratoire ; dans l'ensemble de l'essai, le poids moyen de ces derniers fut de 1,48 kg pour la récolte correspondant au premier traitement de floraison, contre 1,17 kg pour la récolte correspondant au deuxième traitement de floraison (moyennes établies dans les deux cas sur environ 50 fruits par parcelle, choisis par tirage au sort, les fruits de moins de 400 g étant éliminés pour ce calcul). Cette chute du poids moyen fut en réalité variable suivant les blocs et les traitements, il y eut même une augmentation dans trois parcelles ; mais il n'est pas possible de dire si elle fut liée à la répartition de la floraison entre les deux traitements acétylène.

On ne peut donc faire la part exacte des diverses influences dont dépendit le poids moyen tel qu'il est étudié ici, et il est permis de se demander si les résultats n'auraient pas été différents avec un succès total du premier traitement acétylène. Cependant l'ordre de

classement des divers traitements, quant au poids moyen des fruits tirés au sort pour le laboratoire, ne différa pas significativement d'une récolte à l'autre ; ce fait, joint à la constatation que le pourcentage final de non-fleuris fut partout du même ordre de grandeur, sauf chez le témoin, confère au poids moyen global observé une valeur pratique réelle.

2. EFFET DE LA DOSE DE K + Mg + Ca. — (Pas de différences significatives entre blocs.) Nous constatons sur le graphique 6 b que le poids moyen fut nettement augmenté par des apports de K + Mg + Ca jusqu'à 0,75 équivalent-gramme par plant, après quoi il semble avoir plafonné autour de 1,5 kg. Cette valeur est intéressante, proche de l'optimum pour la vente en frais, et elle diffère presque significativement du poids obtenu avec 0,5 éq-g par plant.

3. EFFET DES PROPORTIONS DE K, Mg ET Ca. — Un avantage du dispositif expérimental choisi est de permettre une appréciation des faits plus précise que le calcul statistique ne le permettrait à lui seul ; quelques explications sont nécessaires pour s'en rendre compte.

Mode de construction des surfaces de réponse (graphiques à trois dimensions).

Dans les figures telles que 6 a, le triangle de la figure 2 (p. 52) est figuré en perspective, dans un plan perpendiculaire à celui du dessin et coupant celui-ci suivant l'axe 3-II-4-7-K ; le sommet Mg se trouve en arrière et le sommet Ca en avant du plan du dessin. Le poids moyen correspondant à chacun des douze traitements est représenté par un point rouge sur une ordonnée perpendiculaire au plan du triangle (et par suite parallèle au plan de la figure), suivant une échelle conventionnelle indiquée sur la gauche du graphique. Avant de chercher à tracer la surface de réponse (triangle curviligne en rouge), nous avons porté sur ces ordonnées, de part et d'autre des points représentatifs, une longueur égale à 0,68 fois l'écart-type de l'erreur expérimentale ; cette grandeur correspond au seuil de probabilité de 50 %, c'est-à-dire que le poids moyen réel avait une chance sur deux d'être compris dans les limites ainsi indiquées sur le papier (non conservées sur les figures imprimées). Nous pouvions alors tracer les neuf courbes en rouge correspondant aux neuf alignements repérés en noir sur le triangle de base (l'étoile à six branches et les trois diagonales du triangle), en veillant à la fois à ce que ces courbes :

— soient régulières, car une surface de réponse bosselée en tous sens ne peut pas exister ;

— se rejoignent sur chaque ordonnée et au plus près du point représentatif, si possible dans les limites du segment $\pm 0,68 \sigma$, en tout cas à une distance de ce point inférieure à $\pm 2,02 \sigma$ (seuil de probabilité de 5 % : c'est la « plus petite différence significative », qui est représentée sur le graphique 6 b, construit à la même échelle) ;

— se recoupent exactement sur les ordonnées (non conservées sur les figures imprimées) passant par les intersections des droites correspondantes du triangle de base : car au point d'intersection des droites 3-6-2 et 9-12-7 (noires), par exemple, correspond un poids moyen (fictif) représenté à la fois par un point de la courbe 3-6-2 et par un point de la courbe 9-12-7 (rouges) : ces deux courbes doivent donc se couper à la verticale de l'intersection des deux droites.

En respectant toutes ces conditions simultanément, et en veillant en outre à laisser autant de points en dessus qu'en dessous de la surface dessinée, la construction graphique ne permettait que de très légères variantes. Une valeur corrigée pouvait ainsi être assignée au poids moyen correspondant à chaque traitement, avec un écart d'approximation beaucoup plus faible que la plus petite différence significative : la précision de cette correction dépendait certes de l'erreur calculée statistiquement, mais son sens et sa grandeur étaient déterminés par l'ensemble des onze autres valeurs observées. Ces corrections sont représentées par des flèches sur les graphiques. L'examen des résultats parcelle par parcelle permet le plus souvent de confirmer ces corrections, en détectant les hétérogénéités locales (indiquées parfois par les % de prématurés, de fasciations, de plants disparus..., ou par les graphiques binaires tels que ceux des fig. 13 à 15) et les chiffres aberrants. On voit ainsi notamment que le traitement 2 a été presque toujours favorisé par des causes accidentelles.

Les extrapolations aux sommets des triangles ne bénéficient pas d'une aussi grande précision, nous les avons dessinées seulement pour la clarté des figures.

La figure 6 a montre que le choix de l'équilibre 12 pour l'étude de la dose n'était pas heureux : même corrigé, son poids moyen ne dépassa pas 1,375 kg, alors que les trois meilleurs traitements obtinrent :

n° 10 : 1,50 kg observé, 1,54 kg corrigé
n° 5 : 1,56 kg observé, 1,52 kg corrigé
n° 1 : 1,50 kg observé, 1,53 kg corrigé

Les traitements 10, 5, 1, 7, 3, 8, 4, à la limite 2 et 11 (1,41 kg) ne différaient pas statistiquement les uns des autres au seuil de 5 %, mais les trois premiers étaient significativement meilleurs que le n° 12. Les différences avec le témoin étaient toutes positives, non significatives pour le n° 9, à la limite pour les n° 6 et 12.

D'après cette figure 6 a, il est probable qu'une très forte dominance calcique aurait exercé une légère action dépressive par rapport au témoin ; l'effet positif du potassium et du magnésium est certain et très important, encore accru lorsque ces deux éléments se partagent à peu près également la dominance avec même une très légère faveur au magnésium. L'utilité d'une faible proportion de calcium est plausible, mais l'écart entre les traitements 10 et 1 est trop restreint pour qu'on puisse l'affirmer.

II. RENDEMENT BRUT

a) Tonnage récolté par hectare.

Le classement des blocs (D-C-A-B) est significatif entre D et A ou C et B.

Le classement des traitements n'est plus exactement le même que pour le poids moyen, car en plus de celui-ci le rendement à l'hectare tient compte du pourcentage de plants non fleuris ou disparus en cours de végétation. Le nombre de non-fleuris étant plus élevé dans les parcelles témoins, le rendement de ces dernières s'en trouve encore abaissé, permettant à la plus faible dose totale et aux plus mauvaises proportions de K, Ca et Mg de leur être presque significativement supérieures (cf. fig. 7).

L'ordre de classement des traitements 1 à 12 ne diffère pratiquement pas de celui observé pour le poids moyen ; la différence entre le n° 10 et les n°s 2 et 11 reste à la limite de signification ; seul le traitement 4 va rejoindre les n°s 6, 9 et 12 au-delà de cette limite. Les graphiques de la figure 5 sont très semblables à ceux de la figure 6.

Ainsi donc, un apport de 0,25-0,50 éq-g de K + Mg

+ Ca par plant, avec les proportions du traitement 12, fait passer le rendement de 29 à 35-36 t/ha, et un plafond de 41 t est accessible à partir de 0,75 éq-g. Par ailleurs, avec la dose 0,50 éq-g, en abandonnant les proportions de 42,5-15-42,5 pour passer dans la zone de 42,5-42,5-15, 50-50-0, 25-50-25, le rendement passe de 36 à 44-43 t/ha.

On remarquera que ces rendements, relativement élevés pour l'année et vu la dose d'azote administrée, ont été obtenus grâce à un cycle végétatif plus long que de coutume : 20 à 25 mois. La longueur de ce cycle a pour origine l'apparition tardive des pluies en 1957, d'où application d'engrais retardée empêchant de traiter à l'acétylène avant fin août, et l'insuccès du premier traitement de floraison.

b) Remarques sur la détermination de l'équilibre optimum.

I. RECHERCHE EMPIRIQUE DU MEILLEUR ÉQUILIBRE.

— Les douze points répartis à l'intérieur de notre

triangle nous permettent de connaître avec certitude la zone de ce triangle la plus intéressante. Nous avons cherché à la préciser le plus possible sur la figure 8, sans prétendre assigner une valeur stricte aux contours qui y sont tracés.

Des coupes ont été pratiquées dans les surfaces de réponse 6 a et 7 a, par des plans parallèles aux triangles de base, pour constituer des réseaux comparables à des « courbes de niveau » ; ces réseaux, tracés sur les figures 8 a et 8 b, traduisent les surfaces de réponse en plans cotés. Il est moins facile à l'œil d'y saisir la forme des surfaces de réponse, mais les fausses impressions auxquelles conduit la représentation perspective y sont évitées.

Le léger déplacement de l'optimum lorsqu'on passe du poids moyen au rendement (il semble même sortir du périmètre du triangle) ne mérite pas d'être pris en considération tellement les différences entre points voisins sont faibles au voisinage des sommets des surfaces. Il aurait sa source dans de faibles différences de floraison, et dans les % de plants disparus en cours de végétation. La disparition d'un plant fait augmenter le poids des fruits voisins, mais diminuer la récolte totale de la parcelle ; le nombre des plants disparus fut élevé dans certaines parcelles (jusqu'à 18 %) et nul dans d'autres, avec sur l'ensemble de l'essai la moyenne non négligeable de 8,8 %, mais on n'observa aucune liaison entre ces disparitions et les traitements.

En tenant compte de l'effet de la dose, l'optimum de rendement serait obtenu avec 0,75 éq-g par plant, répartis en 0,36 pour K, 0,39 pour Mg et 0 pour Ca ; un tel traitement aurait dû produire environ 50 t/ha dans les conditions de l'essai.

2. CALCUL DIRECT SUIVANT HOMÈS. — D'après cet auteur, les coordonnées triangulaires de l'optimum sont égales, à l'erreur expérimentale près, aux valeurs obtenues avec les trois traitements types, exprimées en % de la somme de ces trois valeurs.

Pour le poids moyen :	n° 7 = 1,465 kg
	n° 8 = 1,441 kg
	n° 9 = 1,256 kg
	total = 4,162 kg

l'optimum calculé comporte donc :

$100 \times 1,465/4,162 = 35,2 \%$	de K
$100 \times 1,441/4,162 = 34,6 \%$	de Mg
$100 \times 1,256/4,162 = 30,2 \%$	de Ca

La plus petite différence significative ressortant du calcul statistique se traduit par un écart d'environ 6 %, en valeur absolue, sur chacun de ces pourcentages. Ce degré de précision est satisfaisant, mais il montre bien que la méthode de calcul ne convient pas (cf. fig. 8). Le calcul effectué sur les rendements/hectare aboutit au même optimum théorique : 35,3-34,4-30,3. Si l'on prend pour bases de ces calculs les valeurs corrigées d'après les graphiques dans l'espace, on aboutit pratiquement au même résultat que si l'essai avait comporté 16 répétitions (puisque l'on tient compte des rendements et poids moyens observés dans 48 parcelles, au lieu de 12, pour déterminer les rendements et poids moyens des trois traitements 7, 8 et 9) : l'optimum théorique est alors défini à 3 % près pour chacune des trois proportions ; on retrouve des points très voisins des précédents, ainsi que l'écart statistique obtenu alors le laissait prévoir.

La différence entre cet optimum théorique et l'optimum réel se traduit par un rendement diminué de 3 t à l'hectare : ce n'est pas tout à fait négligeable.

3. CALCUL PAR RAPPORT AU TÉMOIN. — En appliquant le calcul suivant HOMÈS aux augmentations de poids moyen et de rendement observées par rapport au traitement n° 16, nous prenons en considération les effets directs et indirects du potassium, du magnésium et du calcium apportés, et d'eux seuls ; ce ne serait pas le cas si nous avions eu un témoin absolu, ne recevant aucun engrais. La précision est moins bonne, car les valeurs sur lesquelles le calcul est effectué sont plus petites, alors qu'elles sont doublement affectées par une erreur expérimentale inchangée ; aussi le déplacement du point représentatif sur les figures 8 est-il plus important lorsqu'on passe des chiffres observés aux chiffres corrigés. Mais la concordance avec l'optimum réel devient acceptable.

III. INTERVALLE TRAITEMENT DE FLORAISON — COUPE

La connaissance de l'intervalle séparant le traitement de floraison de la récolte des fruits est indispensable, surtout dans le cas de l'exportation en frais, car

un décalage de deux semaines peut suffire à faire manquer la période des meilleurs cours. Par ailleurs, on a intérêt à ce que cet intervalle soit le plus court pos-

sible, moins pour lui-même que pour le groupement de la récolte sur un nombre de jours plus restreint, qui en est la conséquence.

Nous n'avons pu le déterminer que sur les fruits destinés au laboratoire, pour les raisons exposées dans la remarque préliminaire du paragraphe concernant le poids moyen. Après le comptage des inflorescences, les 50 jeunes fruits tirés au sort pour être analysés lors de leur maturité étaient marqués à la peinture, et l'on pouvait ainsi distinguer par la suite, grâce à l'emploi de deux couleurs différentes, le traitement de floraison dont ils étaient issus.

La figure 9 montre que cet intervalle :

- diminuait lorsque la dose de cations appliquée augmentait (il était le même dans les quatre blocs) ;
- diminuait autant sous l'effet du calcium que sous l'effet du magnésium, mais bien davantage sous l'effet du potassium ;
- tendait à se stabiliser au voisinage de 175 jours

(intervalle entre le traitement acétylène et la récolte de la moitié du tonnage exportable), que ce soit par augmentation de la dose de cations ou par augmentation de la proportion du potassium.

On sait que l'intervalle traitement-coupe est, toutes choses égales par ailleurs, fonction du poids moyen des fruits ; si les *tendances* ci-dessus indiquées doivent être considérées comme un effet certain des traitements, la *valeur* 175 jours n'a de signification que dans les conditions générales de l'essai, nutrition azotée en particulier. Mais on notera que ce n'est pas par l'intermédiaire du poids moyen que les traitements ont agi sur l'intervalle en question : la comparaison des figures 6 et 9 le démontre clairement. La liaison entre le poids du fruit et sa durée de croissance et de maturation n'est donc pas fixe, elle est influencée par les traitements : le potassium raccourcit cette période du cycle sans augmentation du poids moyen, le calcium l'allonge moins que la chute du poids moyen ne le ferait prévoir.

IV. LES CAUSES DE REFUS A L'EXPORTATION

Le pourcentage réel de fruits refusés n'a pas pu être déterminé pour chaque parcelle, ni même pour l'ensemble de l'essai ; mais certaines observations ont été faites, donnant une idée de la qualité marchande de la récolte.

a) Verse.

La verse ne constitue pas en elle-même un motif de refus, mais elle s'accompagne en général d'une asymétrie qui déprécie le fruit, et elle favorise les coups de soleil. Chaque fruit a été noté au moment de sa coupe :

- note 2 = fruit demeuré vertical
- note 1 = fruit incliné (position oblique)
- note 0 = fruit couché à l'horizontale ou penché vers le sol.

La « verticalité », qui fait l'objet de la figure 10, note moyenne obtenue par les fruits d'une même parcelle, n'a pas différé suivant les blocs. Elle a été améliorée par les doses croissantes de cations, et parmi ceux-ci le calcium et le magnésium semblent avoir été légèrement néfastes (le calcium un peu plus que le magnésium) tandis que le potassium était hautement favorable ; les traitements 1, 4 et 10 ne différaient pas

significativement du n° 7, le meilleur, mais le traitement 5 était déjà significativement inférieur.

En comparant cette figure 10 avec la figure 6, on ne voit aucune concordance avec le poids moyen des fruits : contrairement à ce qu'on aurait pu attendre, ce ne sont pas les fruits les plus gros qui versent le plus facilement, du moins pas dans la mesure où ce poids élevé est le fait du potassium, du magnésium et du calcium appliqués.

L'optimum agronomique tel qu'il ressort des rendements et des poids moyens peut d'après cette figure 10 être légèrement renforcé en potassium, pour améliorer la valeur marchande du fruit.

b) Facteurs possibles de la verse.

Un fruit a logiquement d'autant plus de chances de verser qu'il est porté par un pédoncule plus grêle et, en second lieu, plus long. C'est pourquoi le *diamètre de la tige fructifère* ainsi que sa *hauteur* (mesurée du sol à la base du fruit) ont été relevés plant par plant au moment de la récolte. La comparaison des figures 11 et 12 avec la figure 6 donne déjà quelques indications ; l'effet de la dose de cations semble avoir été du même ordre de grandeur sur ces trois caractères, ce n'est donc pas en augmentant le diamètre du pédoncule

plus que sa hauteur et le poids du fruit que les doses élevées ont amélioré sa verticalité.

Pour y voir plus clair dans les effets des éléments étudiés sur ces trois grandeurs dépendant les unes des autres dans une large mesure, il est préférable d'examiner les résultats parcelle par parcelle en décomposant les liaisons binaires ; c'est le but des figures 13, 14 et 15.

Les points s'y regroupent plus facilement *suivant la dose de potassium* que suivant tout autre critère ; le potassium a augmenté le diamètre du pédoncule relativement plus que le poids du fruit (fig. 13), ce qui pourrait justifier l'amélioration de la verticalité. On observera qu'il a augmenté tout autant la hauteur (fig. 14), et même celle-ci davantage que le diamètre aux faibles doses (fig. 15). Le cas du potassium tend à indiquer que la verticalité est régie par le rapport entre le poids du fruit et le diamètre du pédoncule, la hauteur n'intervenant pas ; de fait, les fruits qui versent se couchent en général au niveau de leur point d'attache sur le pédoncule, ce n'est pas celui-ci qui s'incurve sur toute sa longueur. Par ailleurs, la hauteur au-dessus du sol était plus grande pour les fruits provenant du deuxième traitement de floraison que pour les fruits provenant du premier traitement, et l'appréciation de la hauteur moyenne en perd une partie de son sens. La hauteur était significativement moins élevée dans le bloc C, alors que le diamètre était identique dans les quatre blocs.

Pour une même dose de potassium, la prédominance

du calcium sur le magnésium a augmenté le diamètre et la hauteur de la tige fructifère par rapport au poids moyen (fig. 13 et 14), mais la hauteur comparativement plus que le diamètre (fig. 15) ; la prédominance du magnésium a produit les effets inverses. Ici les observations effectuées sur la verticalité concorderaient davantage avec l'hypothèse d'une action néfaste des rapports longueur/diamètre trop élevés, peu conforme à l'aspect des fruits versés.

En vérité, pour expliquer les effets non concordants de la dose totale de cations, du potassium, et des deux autres cations, on est conduit à admettre que le diamètre du pédoncule joue un rôle déterminant ; mais pour un même diamètre, la résistance mécanique des tissus (au niveau du raccordement avec la base du fruit surtout) serait affaiblie par le calcium et renforcée par le potassium et peut-être le magnésium.

c) Autres causes de dépréciation.

Les fasciations et couronnes multiples ont été étudiées au paragraphe premier.

La craquelure a fait l'objet d'une observation sur chaque fruit. Les fruits de l'essai étaient pratiquement tous craquelés, mais le pourcentage de craquelure prononcée justifiant un refus était faible et sans lien apparent avec les traitements.

Le jaune, les taches noires, etc., étaient trop rares ou occasionnels pour faire l'objet d'observations. *Le wilt* était totalement inexistant.

V. PRODUCTION DE REJETS

Le nombre de rejets visibles au moment de la récolte du fruit a été relevé sur chaque pied. Conséquence probable de la sécheresse, la moyenne générale est très faible : 27 rejets visibles pour 100 fruits récoltés (chiffres extrêmes par parcelles : 3 et 76). La différence est significative entre les blocs D et C d'une part (22 et 20), A et B d'autre part (35 et 34) : effet dû au décalage des dates de récolte. Entre traitements les différences ne sont pas significatives, bien qu'elles coïncident dans leurs grandes lignes avec les différences de poids moyen, de rendement en fruits, et de production ultérieure de rejets.

La production totale de rejets de tige (les seuls existants sur le type guinéen de Cayenne lisse) a été enregistrée parcelle par parcelle, jusqu'à la destruction de

la plantation. La différence entre les blocs D et A d'une part (180 et 168 rejets récoltés pour 100 pieds plantés initialement), B et C d'autre part (142 et 143), est hautement significative et accentue nos premières conclusions quant à la supériorité de la plantation en gros rejets et à la meilleure fertilité du bloc A. La figure 16 ressemble fort aux figures 6 et 7 et renforce l'idée que les proportions des traitements 10 ou 1 et la dose du traitement 14 correspondaient chacune dans leur domaine à l'optimum de végétation de l'ananas dans les conditions de l'expérience. On observe cependant quelques différences entre le rendement en rejets et le rendement en fruits :

— l'effet de la dose est plus accentué : production doublée par rapport au témoin, alors que le poids moyen ne pouvait être accru que de 32 % et le ton-

nage/hectare de 42 %. L'effet des meilleures proportions de K-Mg-Ca, par rapport aux plus mauvaises d'entre elles et par rapport au témoin, est lui aussi plus marqué. Les plants qui se sont épuisés à produire un fruit avec un apport trop faible ou un équilibre défavorable des trois éléments étudiés, n'arrivent plus à produire des rejets ;

— les différences sont de ce fait plus significatives que dans le cas du poids moyen et du rendement en fruits, et pourtant le tracé d'une surface de réponse régulière exige des corrections plus importantes par rapport aux valeurs observées : les différences individuelles de fertilité entre parcelles se manifestent de plus en plus.

VI. CONCLUSIONS PROVISOIRES

a) Fertilisation K-Mg-Ca recommandée

Les divergences entre les effets de ces trois éléments suivant la catégorie des observations effectuées sont rares. En ce qui concerne le *choix de la dose totale*, il n'y a pas d'hésitation possible : le traitement n° 14 (0,75 éq-g par plant) est dans tous les cas supérieur au n° 12, sauf sous le rapport de la réponse au premier traitement de floraison (mais avec une plus forte proportion de magnésium il n'aurait pas exercé cet effet dépressif) ; il n'est significativement inférieur au traitement n° 13 que pour la verticalité des fruits.

En ce qui concerne le *choix des proportions* du potassium, du magnésium et du calcium à l'intérieur de cette dose, il est facile de fixer une marge assez large dans laquelle le poids moyen des fruits, le tonnage exportable et la récolte de rejets sont tous voisins de leur optimum :

30 à 60 % de potassium
30 à 65 % de magnésium
0 à 17 % de calcium.

Les pourcentages de fruits inexportables par fasciation, craquelure, etc., ne doivent pas y être plus élevés ; la verticalité des fruits serait meilleure avec une prédominance potassique plus forte, mais en fait elle diminue peu tant que la quantité de potassium reste supérieure à 25 % du total des cations, tandis que l'intervalle traitement acétylène-récolte reste satisfaisant dans cette même limite.

Ces conclusions s'entendent pour une plantation de juin sur sol de coteau de Moyenne Guinée, non irriguée, avec une densité égale à 38 500 plants/ha et un apport de 5,5 g d'azote plus 3 g de P_2O_5 par plant. La combinaison de la meilleure dose avec les meilleures proportions devrait aboutir alors à un rendement d'environ 50 t/ha avec un poids moyen de 1,6 à 1,7 kg, même en année anormalement sèche. Dans ce cas, si

l'on veut produire en début de campagne, on améliorera l'efficacité des traitements de floraison précoces en déplaçant l'équilibre vers la région la plus magnésienne de la zone définie ci-dessus.

Pratiquement, les résultats agronomiques de l'essai H 56 désignent comme néfaste l'usage d'épandre 400 kg/ha de chaux agricole ou 500 kg/ha de phosphate tricalcique avant la plantation. Il est sans doute préférable de ne pas supprimer tout apport de calcium, car les sols à ananas sont très lessivés et une carence serait à craindre ; mais pour éviter une acidité trop élevée on amendera avec une dolomie ou une chaux magnésienne aussi pauvre que possible en chaux, et on devra encore fournir du sulfate de magnésie en supplément. (En fait, on n'a jamais mis en évidence un effet dépressif de l'acidité sur les ananas ; la dolomie présente cependant l'avantage de fournir du magnésium sous sa forme la moins coûteuse.) On aura intérêt, de plus, à augmenter les apports potassiques.

Pour tenir compte de variations possibles dans la densité de plantation, nous proposerons deux formules en kilogrammes d'engrais par hectare ; en divisant ces poids par le nombre de pieds plantés effectivement à l'hectare on obtiendra les doses individuelles d'engrais. La dose totale est dans les deux cas de $0,75 \times 38\,500 = 28\,875$ éq-g par hectare.

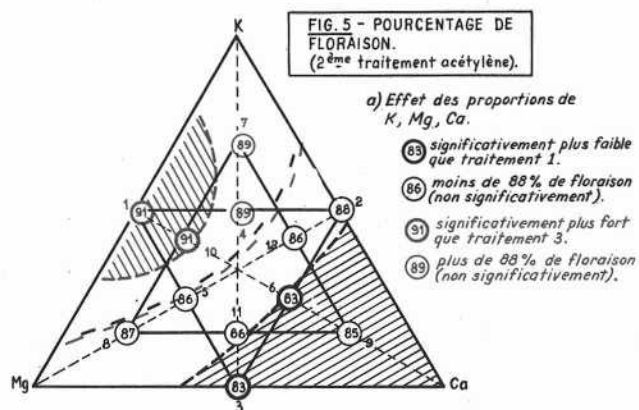
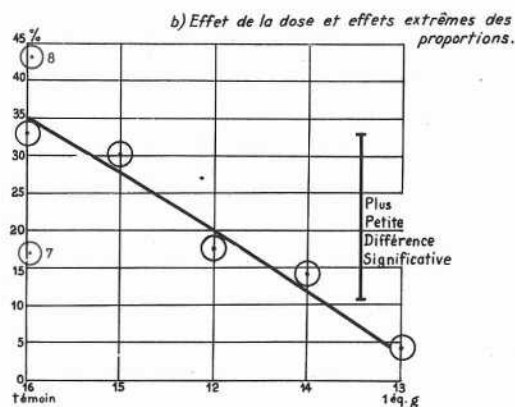
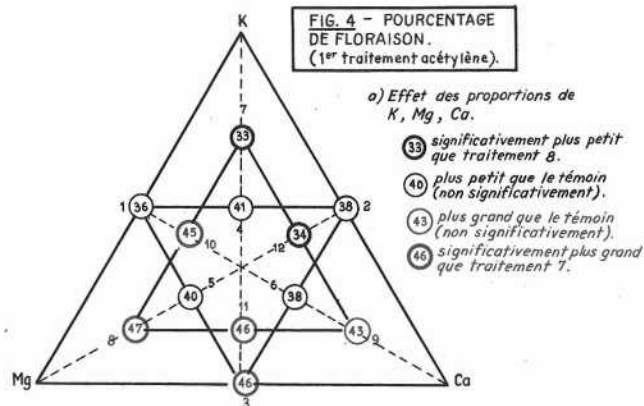
FORMULE A. — Pour une production assez tardive (proportions 50 % de K - 35 % de Mg - 15 % de Ca) :

Dolomie (30 % CaO, 20 % MgO) : 400 kg

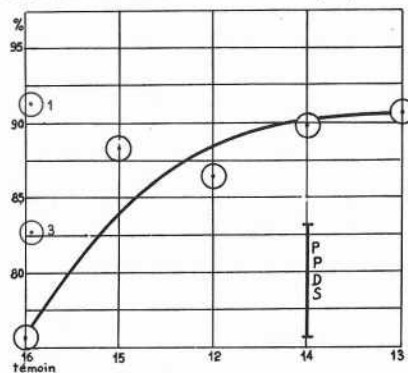
Sulfate de magnésie : 700 kg (18,5 g/plant à 38 500)

Sulfate de potasse : 1 400 kg (36,5 g/plant à 38 500).

Si l'on apporte le sulfate de magnésie à l'aisselle des feuilles, comme le sulfate de potasse, au lieu de l'épandre à la surface du sol avant plantation comme ce fut le cas dans l'essai, on doit pouvoir obtenir la même efficacité avec une dose moins élevée, 500 kg par exemple. Il sera alors logique de fractionner les



b) Effet de la dose et effets extrêmes des proportions.



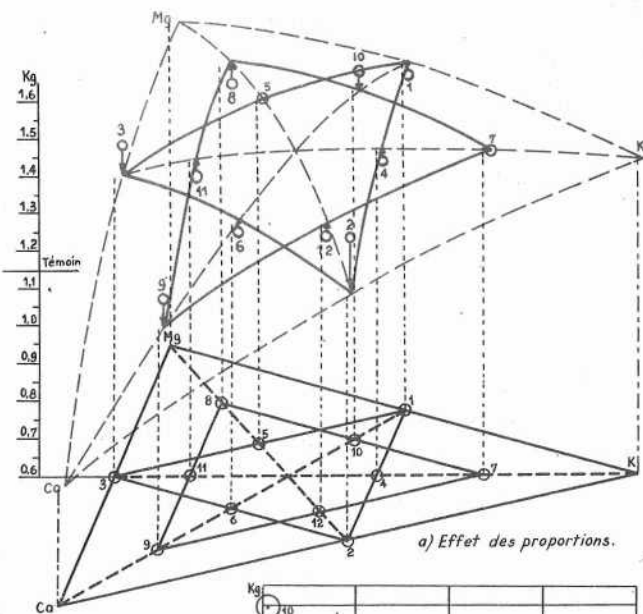
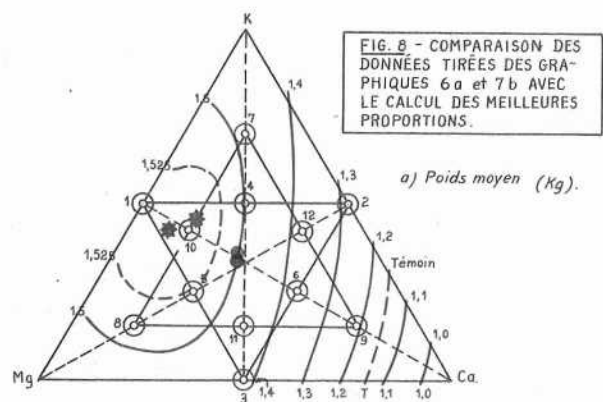
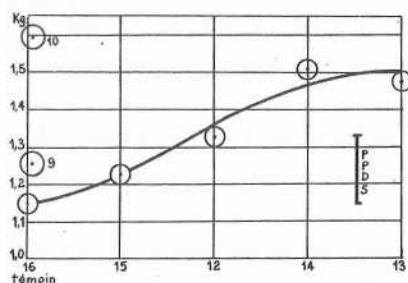


FIG. 6 - POIDS MOYEN DES FRUITS.

b) Effet de la dose et effets extrêmes des proportions.



b) Rendement brut (Tonnes/ha).

Position de l'optimum calculée d'après :

- les valeurs observées pour les traitements 7, 8 et 9.
- ces valeurs corrigées d'après les graphiques 6a et 7a.
- ★ les différences entre les traitements 7, 8, 9 et le témoin.
- ★ ces différences corrigées d'après les graphiques 6a et 7a.

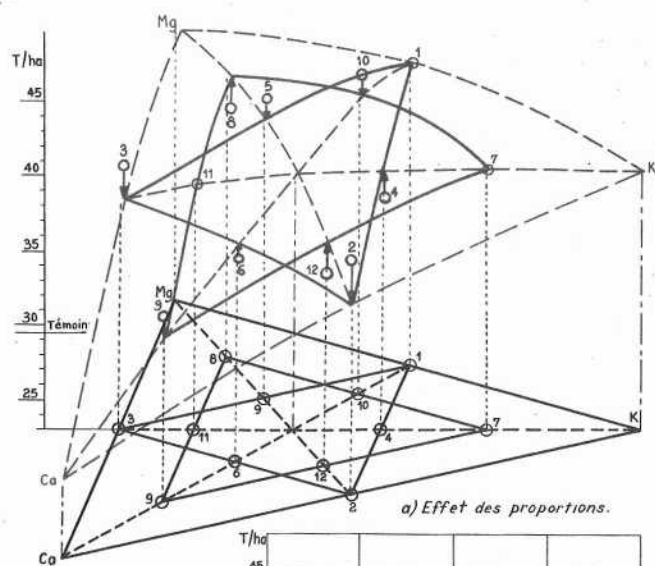
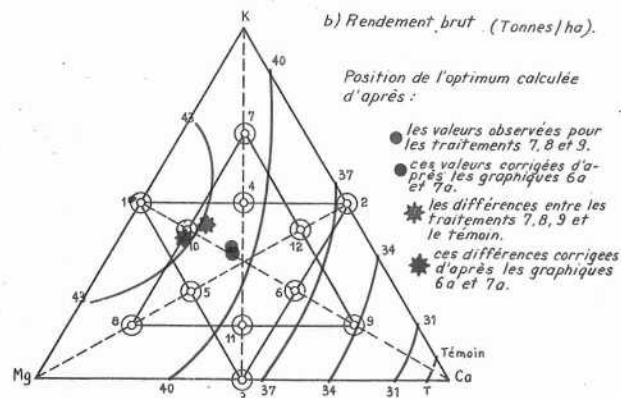


FIG. 7 - RENDEMENT BRUT

b) Effet de la dose et effets extrêmes des proportions.

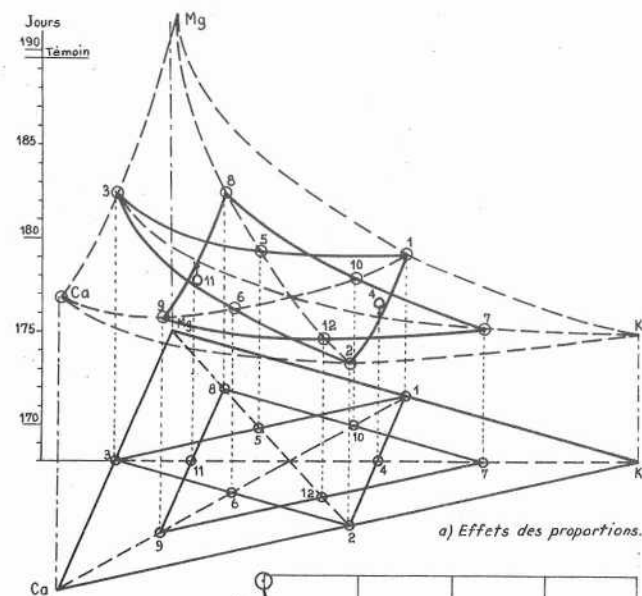
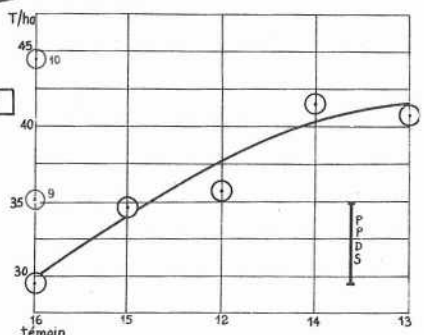
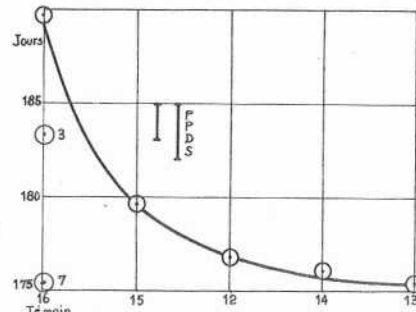
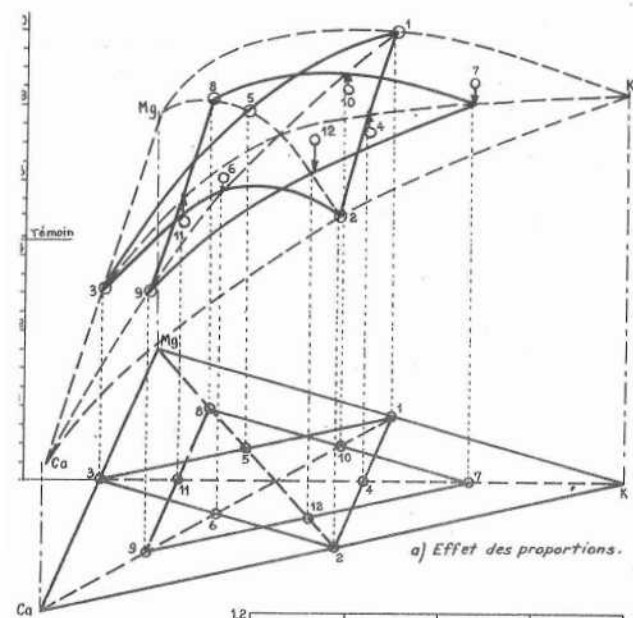


FIG. 9 - INTERVALLE TRAITEMENT-COUPÉ

b) Effet de la dose et effets extrêmes des proportions.





16.10 - VERTICALITÉ MOYENNE.

b) Effet de la dose et effets extrêmes des proportions.

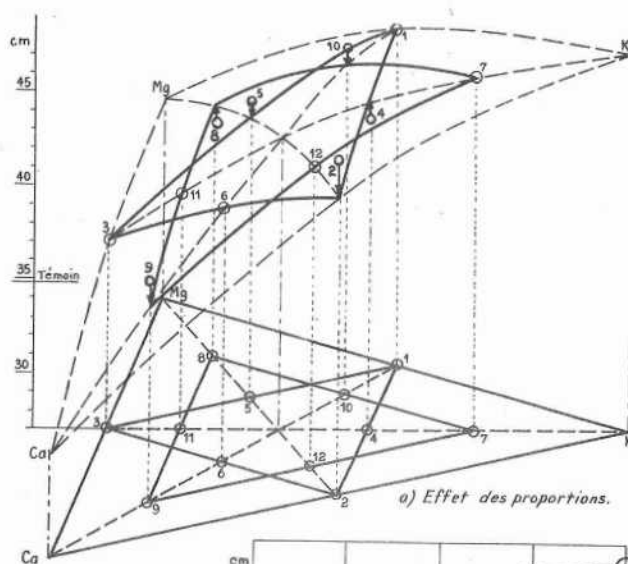
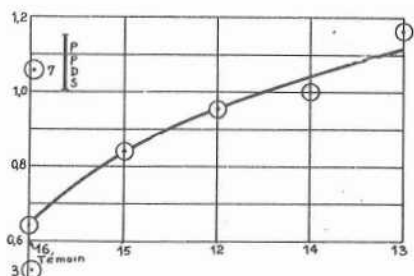
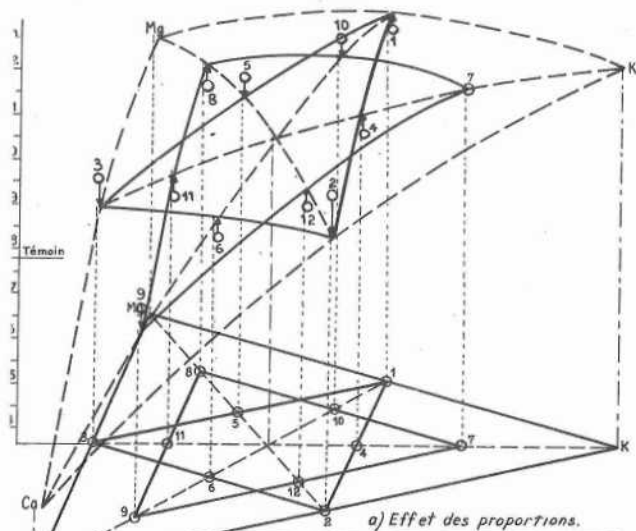
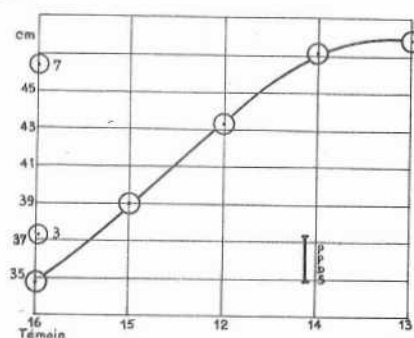


FIG. 12 - HAUTEUR DE LA TIGE FRUCTIFÈRE.

b) Effet de la dose et effets extrêmes des proportions.



16.11 - DIAMÈTRE DU PÉDONCULE.

b) Effet de la dose et effets extrêmes des proportions.

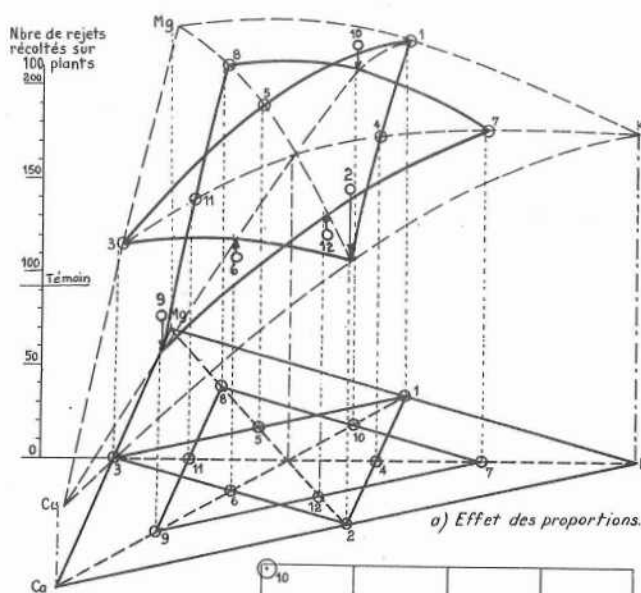
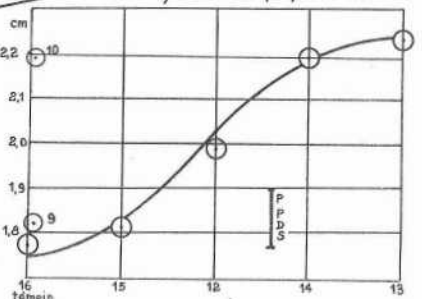
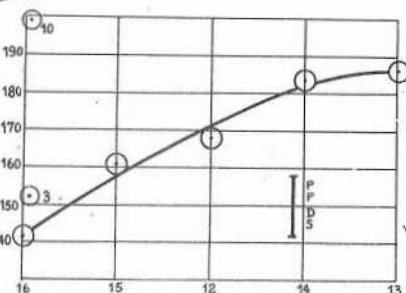
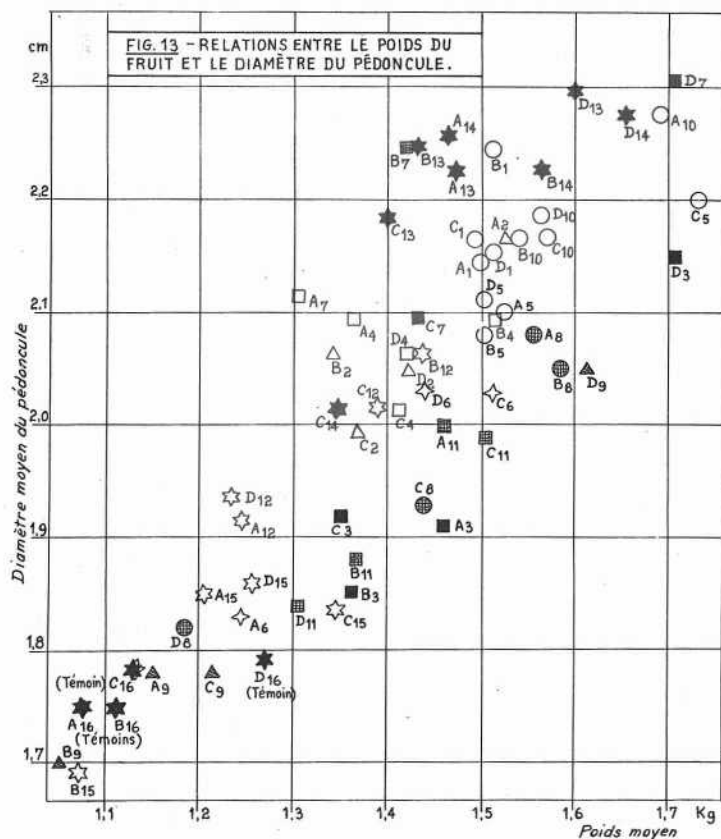


FIG. 16 - PRODUCTION DE REJETS.

b) Effet de la dose et effets extrêmes des proportions.





FIGURES 13-14 ET 15.

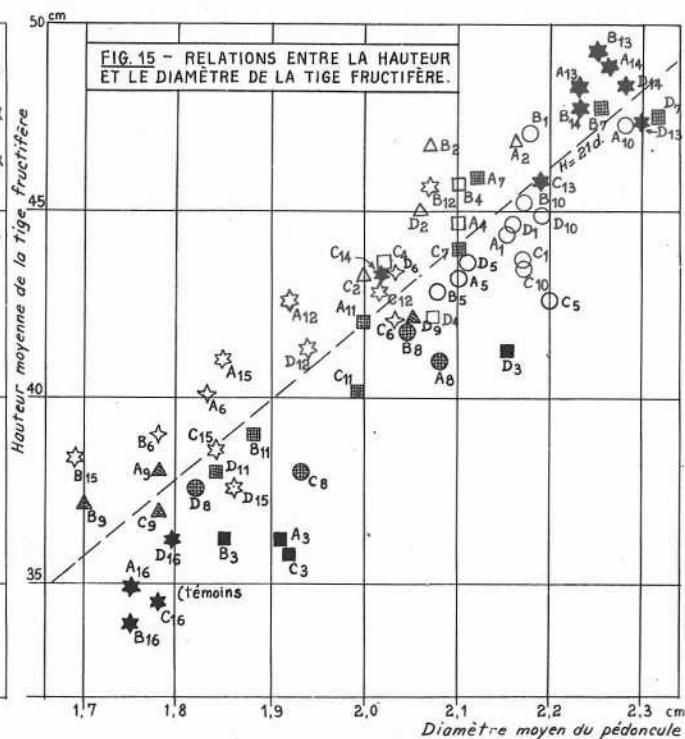
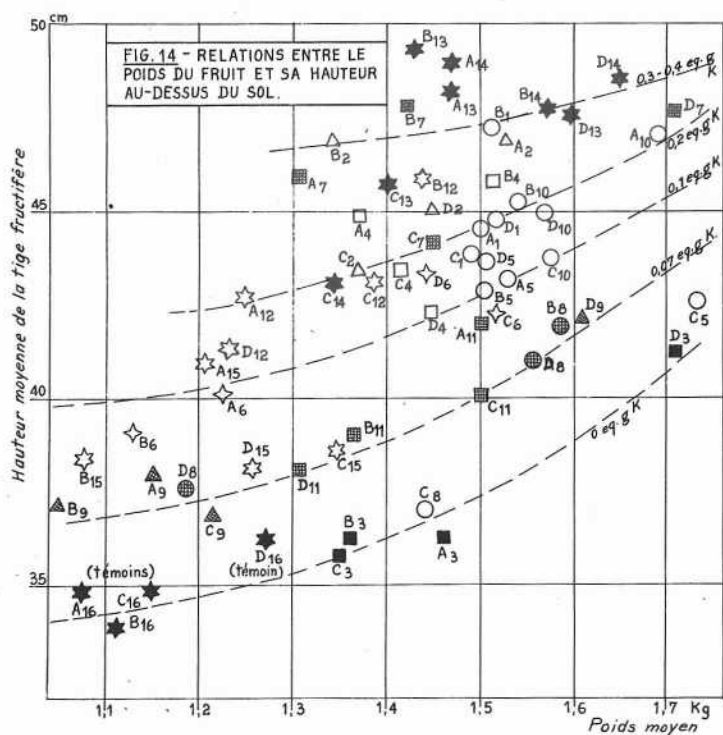
Chaque parcelle est représentée par un signe dont la forme indique les proportions de K, Mg, Ca et dont la couleur indique la dose de K.

Formes :

- plus de Mg que de Ca.
- autant de Mg que de Ca.
- ☆ Ca = K ≠ 3 Mg.
- ◇ Ca ≠ 3 K ≠ 3 Mg.
- △ Ca dominant fortement Mg.

Couleurs :

- 0,32 à 0,42 eq. g de K.
- 0,21 à 0,25 eq. g de K.
- 0,11 à 0,12 eq. g de K.
- 0,075 eq. g de K.
- 0,00 eq. g de K.



apports en 1/3 peu après la plantation et 2/3 au début des pluies de l'année suivante, comme on le fait pour la potasse.

FORMULE B. — Pour production précoce (proportions 35 % de K — 50 % de Mg — 15 % de Ca) :

Dolomie : 400 kg

Sulfate de magnésie : 1 250 kg (32, 5 g/plant à 38 500)

Sulfate de potasse : 1 000 kg (26 g/plant à 38 500).

(En calcul équivalent, 1 kg de sulfate de potasse remplace 1,26 kg de sulfate de magnésie).

Même remarque que pour la formule A en ce qui concerne l'apport éventuel de sulfate de magnésie à la cuiller. Aux deux formules il convient d'ajouter les doses d'azote et d'acide phosphorique estimées nécessaires (212 kg et 115 kg par exemple, soit 5,5 et 3 g/plant à 38 500 plants/ha).

b) Rentabilité.

Le calcul de la rentabilité des traitements de l'essai H 56 ne présente aucun intérêt, car pour les besoins de l'étude nous avons dû introduire partout des produits coûteux qui ne sont plus nécessaires une fois l'optimum défini. On peut seulement *essayer de prévoir* la rentabilité du remplacement des formules usuelles par les formules A et B. La formule usuelle correspond à 500 kg de phosphate tricalcique naturel et 962 kg de sulfate de potasse par hectare ; sa production en 1958 était d'environ 37 t par hectare. Le coût de 400 kg de dolomie est à peine moins élevé que celui de 500 kg de phosphate naturel, nous négligerons donc cette différence. Les deux formules préconisées devraient apporter un surcroît de production de 8 t de fruits par hectare au minimum (8 à 15 d'après les chiffres) sans accroître les risques de verse, plus 25 000 rejets environ, contre l'achat de :

— 440 kg supplémentaires de sulfate de potasse et 700 kg de sulfate de magnésie, dans le cas de la formule A ;

— 40 kg de sulfate de potasse et 1 250 kg de sulfate de magnésie dans le cas de la formule B, plus chère mais augmentant la proportion de fruits produits pendant la période des meilleurs cours.

Le bénéfice réalisé variera avec les conditions du

marché, mais il nous semble assuré de toujours être positif. L'existence de produits commerciaux pouvant apporter simultanément la potasse et la magnésie peut encore contribuer à faire baisser le prix de revient de cet accroissement de rendement, sous réserve qu'ils conviennent à l'ananas.

c) Essai complémentaire 1960.

Les conclusions agronomiques de l'essai H 56 sont surprenantes : elles s'écartent franchement des conceptions classiques et accordent à la magnésie un rôle de premier plan que l'absence de résultats positifs avec cet élément jusqu'à présent ne permettait aucunement de prévoir ; le rôle du potassium, déjà considéré comme capital, est encore accentué ; et le calcium devient néfaste. Rappelons encore une fois que le climat de Moyenne Guinée rend l'irrigation souhaitable, or notre essai ne fut pas irrigué et eut à subir une sécheresse particulièrement aiguë.

Sans anticiper sur les conclusions du pédologue, nous pouvons dire que les analyses de sol rendent ces résultats encore plus inattendus.

C'est pourquoi il n'est pas conseillé aux producteurs d'adopter les formules préconisées ci-dessus, avant qu'un essai de vérification installé en 1960, dans un terrain neuf comme l'était celui de l'essai H 56 et voisin de celui-ci, ne soit venu les confirmer. Cet essai compare la fertilisation usuelle avec une formule semblable à la formule A ci-dessus ; la dolomie y est simplement remplacée par du phosphate tricalcique naturel et du sulfate de magnésie. Il faudra ensuite chercher une adaptation de ces formules aux plantations irriguées ou bénéficiant de climats plus favorables.

* *

La majeure partie des observations sur la floraison et les fruits à leur récolte a été réalisée par F. Ahamada, assistant à la Section Ananas de l'I. F. A. C., en Guinée.

Les calculs statistiques ont été effectués par le Service spécialisé de l'I. F. A. C., à Paris, sous la direction de P. Lossois.

(A Suivre.)